4 August 63

Ueber die

# Respirationsbewegungen der Frösche

in ihrer Abhängigkeit von der medulla oblongata.

---

**Inaugural-Dissertation**

der

**medicinischen Facultät zu Giessen**

zur

Erlangung der Doctorwürde

in der

**Medicin, Chirurgie und Geburtshülfe**

vorgelegt

von

**Georg Vogt**

aus Giessen.

---

Präses: Herr Professor Dr. Eckhard.

---

**Giessen, 1860.**

Druck der G. D. Brühl'schen Universitäts-Buchdruckerei und lith. Anstalt.

Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/b22288430

## §. 1.

## Die normalen Athembewegungen der Frösche.

### A. *Ansichten darüber von Duméril und Haro.*

Die von Duméril und Bibron im 9. Bande ihres Werkes „Erpétologie générale“ niedergelegten Ansichten über die Respiration der Batrachier sind folgende:

Die Batrachier hatten in ihrer ersten Lebenszeit Kiemen und der Mechanismus, welcher bei ihnen als Kiemenathmen *das Wasser* an die Respirationsorgane heranzog, besteht fort, wenn auch die Kiemen bereits durch Lungen ersetzt sind, das heisst, die Batrachier schlucken nun als Lungenathmer Luft, wie sie bisher als Kiemenathmer Wasser geschluckt hatten. Die Inspiration wird also durch Schluckbewegungen bewerkstelligt. Die Exspiration wird durch den Druck der Abdominalmuskeln auf die Lungen bewirkt. Diese Ansicht wird unterstützt durch den Umstand, dass die Batrachier eines Respirationsapparates, wie höhere Wirbelthiere, etwa die Säugethiere, wirklich entbehren, das heisst, dass sie keinen durch elastische Ringe geschlossenen und mit besonderen Respirationsmuskeln versehenen Thorax haben. Ihre Lungen werden also nicht, wie bei den höheren Wirbelthieren, erweitert und verengert, sondern es geschieht dies in einer andern und zwar in der oben angedeuteten Weise. Diese Respirationsweise beschreiben die beiden Autoren folgendermassen:

Da die Batrachier Luft oder Wasser nicht durch einen leeren Raum, der sich in ihrem Brustkasten zu bilden bestrebt, heranziehen können, so

schlürfen sie nach und nach kleine Portionen dieser Medien in die möglichst erweiterte Mundhöhle ein, indem sie das Zungenbein und den ganzen Boden der Mundhöhle senken und so vom Gaumen entfernen. Durch diese Bewegung nach unten dringt die Luft oder das Wasser der äusseren Umgebung durch die Nasenöffnungen ein, um den leeren Raum, der sich in der Mundhöhle zu bilden strebt, auszufüllen (d. h. um die Bildung eines leeren Raums zu verhindern). Nun legt sich die Zunge innen an die Mundöffnungen (d. h. an die inneren Nasenlöcher), welche dem tropfbaren oder gasförmigen Fluidum den Eingang gestattet haben, und Letzteres wird so abgeschlossen. Wir haben also hier eine wahre Mundhöhleninspiration vor uns. Es folgt nun ein zweites Stadium, in welchem das Thier den Act der Schluckung bewerkstelligt. Die kleine in der Mundhöhle enthaltene Menge des Fluidums ist genöthigt, entweder, wenn es flüssig ist, in den Schlund, oder wenn das zu Verschluckende Luft ist, in den Kehlkopf zu gehen. —

Bei den Batrachiern, welche eine Wasserrespiration haben, zeigt der Schlund oder der Oesophagus seitlich 3—4 Oeffnungen, durch welche das Wasser den Kiemen zufliesst. Bei denen mit Lungen versehenen Batrachiern wird die kleine Portion Luft, welche unter dem Einflusse der Schluckbewegung steht, gezwungen, durch die immer innerhalb der Mundhöhle gelegene Kehlritze zu gehen, und durch eine Reihe derselben Vorgänge wird diese Luft in kleinen Portionen in die beiden Lungen getrieben, welche sich aufblähen und in denen nun der chemische Lebensprozess, die Haematose, beginnt.

Die Luft wird also gerade so verschluckt, wie dies mit dem Wasser in der ersten Lebensperiode der Fall war, und zwar in Folge kurz dauernder Contractionen der Schlundmuskeln. Sie dringt in Folge eines Vorgangs, dessen Resultat das nämliche ist, wie das, vermittelst dessen wir den Kolben einer Windbüchse oder den pneumatischen Raum eines *Heronsballs* laden, durch die Glottis in die Lungen ein.

Der Verfasser sagt weiter, dass also die Inspiration nur in der Mund-

höhle und zwar durch die Nasenöffnungen bewerkstelligt werde, welche hier die Aufgabe kurzer Ventilschläuche erfüllten.

Ueber die Exspirationsweise der Batrachier drückt sich der Verfasser so aus:

„Die Exspiration oder das Hinausdrängen der eingeathmeten Luft ist ein wahres Aufstossen, bewerkstelligt durch die die Abdominalwände bildenden Muskeln, welche durch ihre Contractionen die Lungen zusammendrücken und die Luft zwingen die Lungen rasch und auf einmal zu verlassen, indem sie (die Luft) den Verschluss der Glottisöffnung überwindet, um nach Aussen zu entweichen."

Als Beweis für seine in Beziehung auf diese Respirationsweise aufgestellte Behauptungen bezieht sich der Verfasser auf einen Versuch, der darin besteht, dass er einen Frosch durch Einschiebung eines Querhölzchens zwischen die Kiefer verhindert, in der oben angedeuteten Weise zu athmen. Den Umstand, dass das in eine solche Lage gebrachte Thier nicht gleich zu sterben pflegt, erklärt der Verfasser durch die innerhalb der Hautgefässe (oder selbst ausserhalb des Körpers) fortdauernde Ansäuerung des Blutes, begünstigt durch den Einfluss des feuchten Mediums, in welchem man gewöhnlich solche Thiere erhält.

Als Gewährsmänner werden citirt: Malpighi, Morgagni und Swammerdam, von denen Ersterer am Ende des 17., die beiden Andern im Laufe des vorigen Jahrhunderts ähnliche Beobachtungen gemacht haben. Auch Robert Townson wird erwähnt, der in zwei 1794 herausgegebenen Dissertationen die Wirkung der bei der Athmung thätigen Mundhöhlenorgane mit der eines Luftpumpenstiefels vergleicht, welcher durch die Nasenöffnung saugend in der Kehlritze auf und abstiege.

Schliesslich weist der Verfasser auf die so eigenthümliche Schluckungsweise der Elephanten hin, bei welcher ja auch Athmungs- und Schluckungsorgane gleichzeitig thätig seien. —

Diesen Ansichten des französischen Verfassers über die Athmungs-

weise der ausgewachsenen Batrachier stehen die von Dr. Haro *) aufgestellten Behauptungen schroff entgegen. Nach diesem wird diese Respiration ähnlich wie bei den Vögeln durch abwechselnde Ausdehnung und Zusammenziehung der Lungenhöhle, mittelst eines besonderen Muskelsystemes, nicht aber durch Schlingbewegungen, zu Stande gebracht. Diese gegen die Schluckathmung geltend gemachte Ansicht stützt er namentlich auf den Umstand, dass bei einem Frosche, dem die Mundbodenmuskeln (d. h. der ganze Mundboden) eingeschnitten sind, die Respiration unbeeinträchtigt bleibt, selbst wenn die für die Deglutition so nothwendige Zunge aus der weiten Wunde herabhängt.

Nach Haro finden, wie bereits oben gesagt, Exspiration und Inspiration durch abwechselnde Zusammenziehung und Ausdehnung der Thoraxwände statt, und zwar ist der Hauptvermittler der Zusammenziehungen der M. Sternohyoideus, welchem die Abdominalmuskeln nur als Mithelfer beigegeben sind. Für die untergeordnete Rolle, welche letztere bei der Exspiration spielen, spricht die Wirkungslosigkeit eines Schnittes, welchen Haro vom Sternum bis zum os pubis eines Frosches machte, ohne die Athembewegungen dadurch aufgehoben zu sehen.

Als Exspirationsmuskel wirkt der M. Sternohyoideus dadurch, dass er sich zusammenzieht und das obere Ende des Sternums der Wirbelsäule nähert. Die in den zusammengedrückten Lungenparthien enthaltene Luft wird dadurch gezwungen, durch die Glottis nach Aussen zu entweichen. Auf die Exspiration folgt nun unmittelbar die Inspiration, indem der M. Sternohyoideus sich wieder ausdehnt und so dem oberen Ende des Sternums gestattet, sich wieder von der Wirbelsäule zu entfernen und den oberen Lungenparthien Raum zu geben. Eigentlicher Inspirationsmuskel ist der M. mylo-hyoideus, der nach Entspannung des Sternohyoideus das Zungenbein und so auch die Glottis hebt. Durch diesen auf die Glottis

*) Froriep's Zeitschrift „Neue Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde 1843, Nr. 9 des XXVI. Bandes."

ausgeübten Zug dehnt der M. mylo-hyoideus die nach oben gelegenen Lungenparthien aus. Die Bewegungen des Mundhöhlenbodens und des Zungenbeins, die allerdings leicht als Schluckbewegungen gedeutet werden konnten, sind nach Haro nur das Resultat der abwechselnden Zusammenziehung des Sternohyoideus und des Mylohyoideus.

B. *Eigne Betrachtung der Athembewegungen der Frösche.*

Meinen Beobachtungen zu Folge verhält es sich mit den Athembewegungen folgendermassen:

Bei den Athembewegungen sieht man überhaupt sich bewegen:

I. die Nasenlöcher,
II. die Kehle,
III. die Glottis,
IV. die Abdominalmuskeln.

I. Was die Kehlbewegungen anlangt, so muss zwischen zwei Arten derselben unterschieden werden:

a) Solche, die mit dem Eintreiben oder Austreiben von Luft in die Lungen gar Nichts zu schaffen haben. Man erkennt sie leicht daran, dass sie in den Zwischenräumen, wo keine Lungenathmung stattfindet, immer leicht an dem Fehlen der Bewegungen der Bauchmuskeln erkannt werden. Sie bestehen in Vergrösserungen und Verminderungen des sackartigen Raumes, in den der Boden der Mundhöhle ausläuft. Bei ihnen strömt Luft aus jenem Raume durch die Nasenlöcher, welche sich hierbei nicht bewegen, ein und aus. Namentlich kann man sich von dem Ausströmen durch leichte, sehr leicht bewegliche Flaumfedern überzeugen, welche vor die Nasenöffnungen gehalten bei jeder Verengerung jenes Raumes leicht wegbewegt werden.

b) Die andere Art der Kehlbewegungen ist intensiver und vergesellschaftet sich mit den Bewegungen der Abdominalmuskeln. Sie sind die wahren Athembewegungen, insofern nur bei ihnen sich die Stimmritze öffnet. Zu dieser Unterscheidung der Kehlbewegungen gelangte ich auf

die folgende Weise. Ich eröffnete einem Frosch vermittelst einer Glasröhre den Mund. Die erste Wirkung der Munderöffnung war eine Erschwerung der genannten Bewegungen und eine entsprechende Verminderung ihrer Anzahl. Durch die mir gleichsam als Mundspiegel dienende Glasröhre beobachtete ich, dass nicht jede Kehlbewegung, sondern nur die vorhin als intensivere Bewegungen bezeichnete jedesmal mit einer Glottiseröffnung verbunden waren. Die im Vorstehenden beschriebenen Bewegungen werden durch die folgenden von Dugés *) beschriebenen Muskeln ausgeführt.

1) *Mylo-hyoideus)* (Unterkiefer-Zungenbeinmuskel); erhebt das Zungenbein, das Sternum und den Boden des Schlundes.

2) *M. Genio-hyoideus* (Kinnzungenbeinmuskel); zieht das Zungenbein nach vorn. Hinten und vorn ist er in zwei Bündeln getheilt.

3) *M. Sterno-hyoideus* (Brustbein-Zungenbeinmuskel); zieht das Zungenbein nach hinten; er steht nach aussen durch eine aponeurotische Zwischensubstanz mit dem M. pubico-thoracicus oder dem Rectus abdominis in Verbindung.

4) *M. Omo-hyoideus* (Schulterblatt-Zungenbeinmuskel) zieht das Zungenbein nach hinten und nach der Seite.

5) *M. Rupeo-Kerato-hyoideus* (analog dem M. stylohyoideus und styloglossus) erhebt das Zungenbein und zieht es nach hinten und nach der Seite.

6) *Drei Musculi masto-hyoidei* nach Townson, Cuvier und Andern auch M. stylo-hyoidei genannt (Zitzenfortsatz-Zungenbeinmuskel), Erheber des Zungenbeins.

## II. Bewegungen der Nasenlöcher.

Was die Zeitfolge des Schliessens der Nasenlöcher und die Zusammenziehung der Bauchmuskeln anlangt, so kann man, ohne experimentelle

*) Recherches sur l'Ostéologie et la Myologie des Batraciens à leurs différens âges.

Mittel zu Hilfe zu nehmen, durch den blossen Anblick nicht unterscheiden, welche von diesen zwei Bewegungen die erstere, und welche die nachfolgende ist. Für das ohne besondere Hilfsmittel beobachtende Auge macht es ganz den Eindruck, als ob beide Bewegungen gleichzeitig geschehen. Zwar findet man es natürlich, dass bei der durch die Contraction der Bauchmuskeln sich vollziehenden Exspiration die Nasenlöcher geöffnet sein müssten, und man verlangt, dass das Schliessen der Nasenlöcher der Contraction der Bauchmuskeln nachfolge; allein es würde nichts Unbegreifliches in die Sache kommen, wenn man annähme, dass die aus der Lunge kommende Luft einfach in den Kehlraum getrieben würde, wobei recht gut die Nasenlöcher geschlossen sein könnten. Ueberdiess könnte auch jener Schluss unvollständig sein, also Luft bei der Contraction der Bauchmuskeln herausströmen, und demnach könnte doch jene Schliessungsbewegung der Nasenlöcher gleichzeitig mit der Zusammenziehung der Abdominalmuskeln erfolgen. Dem sei wie ihm wolle, man überzeugt sich durch vorgehaltene leichte Flaumfedern, dass Luft *ausströmt* zu einer Zeit, die man nicht deutlich als der Contraction der Bauchmuskeln nachfolgend erkennt. Mag nun wirklich das Schliessen der Nasenlöcher der Contraction der Bauchmuskeln folgen oder mag jener Schluss unvollständig sein. Wodurch die Bewegungen der Nasenlöcher erzeugt werden, sind folgende von Dugés beschriebene Muskeln:

1) *M. Intermaxillaris* (Zwischenkiefermuskel), nähert die aufsteigenden Apophysen der Zwischenkieferknochen, drückt ihren horizontalen Theil zusammen und öffnet die Nase.

2) *M. Maxillo-praenasalis* (Oberkiefer-Vornasenmuskel), öffnet die Nase.

3) *M. Maxillo-postnasalis* (Oberkiefer-Hinternasenmuskel), öffnet die Nasenlöcher durch Zug am hinteren Rande.

4) *M. Submentalis transversus* (querer Unterkinnmuskel), nähert die unteren Ränder der beiden Zahnknochen, erhebt ihr inneres Ende, und in Folge davon die Zwischenkieferknochen und schliesst so die Nase.

### III. Bewegungen der Glottis.

Sobald sich die Bauchmuskeln zusammenziehen, öffnet sich die Glottis und hebt sich zu gleicher Zeit gegen den Kehlraum. Hierauf schliesst sie sich wieder schnell und sinkt zurück. Diese Bewegungen werden durch folgende von Dugés angeführte Muskeln erzeugt:

1) *M. Hyo-prae-glotticus* (Zungenbein-Vorkehlkopfmuskel), Zurückzieher und auch Zusammenschnürer.

2) *M. Hyo-extra-glotticus* (ausserhalb des Kehlkopfs gelegener Zungenbein-Kehlkopfmuskel), Erweiterer.

3) *M. Hyo-post-glotticus* (Zungenbein-Hinterkehlkopfmuskel), Zusammenschnürer und Vorwärtszieher.

### IV. Bewegungen des Abdomens.

Sie werden durch folgende von Dugés beschriebene Muskeln ausgeführt:

1) *M. Pubico-thoracicus, seu Rectus abdominis* (Schaambein-Brustmuskel oder gerader Bauchmuskel), beugt den Rumpf und zieht Bauch und Brust zusammen.

2) *M. Dorso-sub-abdominalis, seu M. obliquus externus* (äusserer schiefer Bauchmuskel), zieht den Bauch zusammen.

3) *M. Ileo-transverso-substernalis, seu obliquus internus* (innerer schiefer Bauchmuskel), verlängert bis hinter das Herz, und bildet dessen Diaphragma. Zusammenschnürer des Bauchs und in dieser Eigenschaft *Ausathmer;* Austreiber der Faecalmassen, des Urins und der Eier.

In meiner Ansicht über die Inspiration nähere ich mich mehr der Ansicht Duméril's als der Haro's, kann dieselbe aber doch nicht wie Ersterer für die Folge einer solchen Schluckbewegung halten, dass dabei die Zunge sich gegen die inneren Nasenöffnungen anlege und deren Schluss bewerkstellige. — Dass die Mitwirkung der Zunge sich bei der Schluckbewegung als ganz überflüssig erweist, und die Abschliessung der in die Lunge aufzunehmenden Luft nicht, wie Duméril behauptet, durch die sich vor die Nasenöffnung legende Zunge bewirkt wird, kann man leicht durch Ausschneiden der

Zunge beweisen, welches Experiment keinerlei Aenderung in den Athembewegungen hervorruft. Die Verschliessung der Nasenlöcher geschieht vielmehr durch Muskelwirkung des dieselben umgrenzenden starren Hautrandes, der über die äussere Nasenöffnung hergelegt wird. Schneidet man die starren ventilartig wirkenden Hauträuder aus, so hört zwar die Athembewegung nicht auf, aber die ganze Einathmung geht viel langsamer vor sich, indem jetzt der Boden der Mundhöhle gegen den Oberkiefer allmählig von vorn nach hinten vorschreitend angedrückt und auf diese Weise ein Entweichen der Luft nach vorn verhütet wird. Es nimmt jetzt, um mich so auszudrücken, der Boden der Mundhöhle eine Art fortschreitende, peristaltische Bewegung von vorn nach hinten an. Es findet jetzt erst ein eigentliches Schlucken statt; daher dann auch die verhältnissmässig *langsamere* Bewegung, die gar in keinem Verhältniss steht zu den viel raschern bei Schluss der Nasenlöcher.

Ich denke mir also die normale Lungenathmung der Frösche folgendermassen:

Mit der Contraction der Bauchmuskeln tritt eine gewisse Menge Luft in den Kehlraum und vertreibt aus diesem einen entsprechenden Antheil durch die Nasenlöcher. Da der Kehlraum immer mit Luft gefüllt ist, wird unmittelbar nach der Contraction der Bauchmuskeln durch eine *plötzliche* Verengerung desselben eine entsprechende Luftmenge wieder in die Lunge eingetrieben. Ein Schlucken, d. h. eine Bewegung, die den Begriff der peristaltischen in sich schliesst, kommt nicht vor. Die Bewegungen des Kehlraumes, die nicht mit Bewegungen der Abdominalmuskeln vergesellschaftet sind, sorgen dafür, dass die etwa in ihm rückständige ausgeathmete Luft sich mit reiner atmosphärischer mische.

## Einfluss der Medulla oblongata des Frosches auf die Athembewegungen.

Der Zweck dieser meiner Untersuchungen ist die Beantwortung der Frage, wie sich die Athembewegungen verhalten würden bei nur *theilweiser* Zerstörung des Centralorgans der Athembewegungen; denn wie klein

auch immerhin die Ausdehnung jener Centralstelle nach den Untersuchungen von Flourens am Kaninchen *) sein mag, eine messbare Ausdehnung besitzt sie und die Lösung jener Frage bietet darum ein gewisses Interesse. Zugleich lehrt sie uns auch beim Frosche die Ausdehnung des point vital kennen. Ich will zunächst die von mir angestellten Versuche im Einzelnen mittheilen, und dann die daraus sich ergebenden Resultate zusammenstellen.

## I.

### Durchschneidung des ganzen Rückenmarks am hintern Rande des Hinterhauptbeins.

1. Versuch. Einstich 3 h 18 m. Stillstand der Kehlbewegungen. Letztere kehrten auch nicht wieder. Tod. Nach Eröffnung des Wirbelcanals fand ich das Rückenmark vollständig getrennt.

2. Versuch. Einstich 11 h 21 m. Stillstand der Kehlbewegungen. Letztere kehrten auch nicht wieder. Tod. Nach Eröffnung der Wirbelhöhle fand ich das Rückenmark vollständig getrennt.

3. Versuch. Einstich 3 h 30 m. Stillstand der Kehlbewegungen. Die Kehle sank ein. Bewegungen der Kehle kehrten ebenfalls nicht wieder. Tod. Nach Eröffnung der Wirbelhöhle sah man das Rückenmark vollständig durchschnitten. Ich führe hier absichtlich nur 3 Versuche an, weil ich mich sonst zu oft wiederholen müsste; ich kann aber als Resultat angeben, dass nach Durchschneidung dieser Stelle der Medulla oblongata die Athembewegungen nicht wiederkehren und augenblicklich der Tod erfolgt.

## II.

### Durchschneidung des ganzen Rückenmarks am unteren Rande des ersten Halswirbels.

1. Versuch. Vor dem Einstich etwa 120 Kehlbewegungen in 1 m bei 18° Réaum.

---

*) Gaz. méd. de Paris 1851, Nr. 45, S. 694.

Einstich 11 h 58 m. Kein Stillstand der Kehlbewegungen, aber deutlicher ausgeprägt als vor dem Einstich, etwa auch wieder 120 in 1 m. Die Extremitäten waren vollständig gelähmt. Ich tödtete den Frosch in Weingeist, machte die Section und fand das Rückenmark in seiner ganzen Breite vollständig getrennt.

2. Versuch. Vor dem Einstich etwa 125 Kehlbewegungen in 1 m. bei $18^1/_2{}^0$ R.

Einstich 9 h. Die Kehlbewegungen stehen nicht still, sind aber intensiv, etwa 120—125 in 1 m; aber vollständige Lähmung der Extremitäten. Ich tödtete den Frosch in Weingeist und fand nach Eröffnung des Wirbelkanals, dass das Rückenmark vollständig getrennt war.

3. Versuch. Vor dem Einstich etwa 140 Kehlbewegungen in 1 m. bei $20^0$ R. Einstich 9 h 40 m. Die Bewegungen der Kehle stehen nicht still, sind aber deutlicher ausgeprägt als vor dem Einstich, etwa auch wieder 140 in 1 m. Die Lähmung der Extremitäten war vollständig. Ich tödtete den Frosch in Weingeist und fand bei der Section das Rückenmark vollkommen getrennt.

Nach Durchschneidung dieser Stelle des Rückenmarks stehen die Athembewegungen niemals stille, sondern sind sogar deutlicher ausgeprägt, trotzdem, dass die Lähmung der Extremitäten eine sehr vollständige ist. Indess dauert diese Aenderung nur kurze Zeit, und ist darum wohl rein reflectorischer Art.

### III. Durchschneidung des ganzen Rückenmarks am obern Rande des ersten Halswirbels.

1. Versuch. Einstich um 11 h 35 m; alsdann Stillstand der Kehlbewegung. Um 11 h 43 m einzelne unregelmässige Athembewegungen?

2. Versuch. Einstich 11 h 19 m, sogleich Stillstand der Kehlbewegungen. $2^1/_2$ m darauf unregelmässige Athembewegungen. Stach ich alsdann an denselben Fröschen noch einmal am hintern Rande des Hinterhauptbeins ein, so sank die Kehle oder der Mundboden bei dem

einen mehr, bei dem andern weniger ein, und die unregelmässigen Bewegungen hörten ganz auf. Tod. Nach Eröffnung des Wirbelkanals fand ich das Rückenmark an beiden Stellen vollständig getrennt.

3. Versuch. Einstich 4 h 53 m. Kehlbewegungen hörten sofort auf. 5 h 12 m erfolgten zwei ziemlich rasch aufeinander folgende Kehlbewegungen. Bewegungen der Kehle zeigten sich jetzt nur noch auf einen Reiz hin; alsdann stach ich noch einmal am Rande des Hinterhauptbeins ein; hierauf sank die Kehle ein und die Bewegungen derselben blieben auch auf einen Reiz hin aus. Tod. Die Eröffnung der Wirbelhöhle ergab vollständige Trennung der Medulla an beiden Stellen.

4. Versuch. Einstich 3 h 59 m. Eröffnung des Mundes und Stillstand der Kehlbewegungen. 4 h 2 m Schluss des Mundes ohne Bewegung des Mundbodens. 4 h 6 m zeigte sich die erste Kehlbewegung, aber unvollständig und sich etwa in der Minute 23mal wiederholend. 4 h 26 m machte ich noch einen Einstich am hintern Rande des Hinterhauptbeins, hierauf sogleich Einsinken der Kehle und Stillstand der Bewegungen derselben. Tod. Nach Eröffnung des Wirbelkanals vollständige Trennung der Medulla an beiden Stellen.

5. Versuch. 25. April. Vor dem Einstich etwa 120 Kehlbewegungen in 1 m. Einstich 9 h 2 m unvollkommene, unregelmässige Bewegungen, etwa 3—4 in 1 m. Gelähmt war der Frosch nicht, hielt aber den Kopf nach links. 9 h 11 m Kehlbewegungen jetzt zahlreicher, etwa 18 in 1 m.

9 h 15 m zahlreiche Kehlbewegungen, aber unregelmässig.

9 h 23 m immer noch unregelmässige Mundboden - oder Kehlbewegungen.

9 h 27 m. Die Unregelmässigkeit in der Intensität der Kehlbewegungen besteht darin, dass auf eine vollkommene einige, gewöhnlich 3—5 unvollkommene nachfolgen. Dieses Experiment machte ich bei einer Temperatur von 14° Réaum. — Der Frosch kam in eine Glasglocke und wurde bei Seite gestellt. 11 h 4 m sah ich nach und beobachtete wie-

der, wie vor der Operation, 120 Kehlbewegungen in 1 m bei 14° R. 3 h 46 m immer noch 120 Kehlbewegungen in 1 m bei $13^1/_2{}^0$ R.

26. April. Der Frosch lebt noch und macht bei $13^1/_2{}^0$ R. 120 Bewegungen mit der Kehle in 1 m.

27. April 9 h 10 m. Heute ebenfalls 120 Kehlbewegungen in 1 m bei $13^1/_2{}^0$ R. Ich spannte nun den Frosch lebend auf ein Brett auf, trug die Rückenmuskel ab, legte die Wirbelsäule blos, entfernte vorsichtig ihre obere Decke und fand, dass der am obern Rande des ersten Halswirbels geführte Einstich nur die rechte Hälfte der Medulla oblongata getrennt hatte. Der Frosch athmete während dieser ganzen Operation fort, bald rasch, bald langsam.

10 h 23 m durchschnitt ich auch noch die linke Hälfte der Medulla und beobachtete sofort Stillstand des Mundbodens oder Kehle.

10 h 27 m machte der Frosch wieder einige intensive Kehlbewegungen, und starb dann.

6. Versuch. Einstich 3 h 17 m. Stillstand der Kehlbewegungen. Kehle bedeutend eingesunken. Kehlbewegungen kehrten auch nicht wieder, auch nicht auf einen Reiz mit Essigsäure. Tod. Die Eröffnung des Wirbelkanals ergab vollständige Trennung der Medulla oblongata.

7. Versuch. Einstich 3 h 48 m. Stillstand der Kehlbewegungen. Letztere kehrten auch nicht wieder. Tod. Nach Eröffnung des Rückenmarkkanals vollständige Trennung der Medulla.

8. Versuch. Einstich 10 h 17 m. Einsinken der Kehle und Stillstand der Kehlbewegungen. 10 h 45 m. Noch keine Bewegungen derselben, auch nicht auf einen Stich mit der Nadel oder auf Bestreichen mit Essigsäure.

10 h 50 m Tod. Bei der Eröffnung des Wirbelkanals fand ich das Rückenmark vollständig durch den Einschnitt getrennt.

9. Versuch. Einstich 10 h 33 m. Stillstand der Kehlbewegungen. Es erfolgte eine ziemlich beträchtliche Blutung aus der Stichwunde und die Kehlbewegungen blieben ganz aus. Nur auf einen Stich mit der Nadel

erhielt ich dann und wann eine schwache Kehlbewegung. 10 h 55 m Tod. Die Untersuchung ergab vollständige Trennung der Medulla.

10. Versuch. Einstich 4 h 2 m. Stillstand der Kehle oder des Mundbodens.

4 h 5 m zeigte sich die erste Bewegung des Mundbodens, aber schwach sich in 1 m 3—4 mal wiederholend.

4 h 26 m. Keine Kehlbewegungen mehr bemerkbar. Tod. Nach Eröffnung des Wirbelkanals vollständige Trennung der Medulla.

11. Versuch. Einstich 10 h 48 m. Stillstand der Kehlbewegungen. Letztere kehrten auch nicht wieder. Tod. Nach Eröffnung der Wirbelhöhle vollständige Trennung des Rückenmarks.

12. Versuch. Einstich 11 h 15 m. Stillstand der Kehle und Eröffnung des Mundes, letzterer blieb $1^1/_2$ Minute offen und schloss sich dann wieder.

12 h 35 m. Wieder intensive Kehlbewegungen. Nachmittags beobachtete man höchst selten intensive Kehlbewegungen, dagegen schwache oder kleine öfters. Die Lähmung des Frosches war ziemlich vollständig. Am folgenden Morgen beobachtete ich ganz dasselbe, d. h. sehr selten eine intensive, dagegen öfters kleine oder schwache Kehlbewegungen. 9 h 10 m Tod. Nach Eröffnung des Wirbelkanals vollständige Trennung des Rückenmarks. Aus diesen meinen bis jetzt angestellten Untersuchungen ergiebt sich, dass, wenn man das Rückenmark an der genannten Stelle in seiner ganzen Breite durchschneidet, die Athembewegungen entweder auf einige Augenblicke unterbrochen werden oder ganz ausbleiben. Beides beobachtet man ohngefähr gleich häufig. — Die Differenz in den Erfolgen hängt wohl unzweifelhaft davon ab, dass man in allen Versuchen nicht ganz genau dieselbe Stelle trifft.

## IV.

Schneidet man einem Frosche den Kopf so ab, dass der Querschnitt unmittelbar hinter den Augen hergeht, so bleiben die Bewegungen der Kehle oder des Mundbodens und die Stimmritzeröffnungen einige Augen-

blicke $^1/_2$ bis 5 Minuten aus, kehren dann wieder, sind aber unregelmässig und zwar seltener. Man beobachtet manchmal 15, 20 ja 30 Sekunden lang nur Bewegungen mit der Kehle oder dem Mundboden, bis eine Stimmritzeröffnung erfolgt. Die Frösche sterben sehr selten am Tage der Operation, sondern gewöhnlich erst nach einigen Tagen.

Schneidet man aber einem Frosche den Kopf so ab, dass der Schnitt gerade durch die Mitte der Ohren geht, so hört das Athmen sofort auf, und kehrt auch nicht wieder. Der Frosch stirbt. In diesem Falle werden erstens beide Vagi und zweitens die Medulla oblongata gerade am hinteren Rande des Hinterhauptbeins durchschnitten.

Aus diesen Versuchen folgt, dass bei den Fröschen die Ausdehnung des point vital vom hintern Rande des os occipitis bis nahe an den obern Rand der vertebra prima der Wirbelsäule reicht.

## V.

### Durchschneidung der rechten Hälfte des Rückenmarks am hintern Rande des Hinterhauptbeins.

1. Versuch. Vor dem Einstich 98—100 Kehlbewegungen in 1 m. Einstich 11 h 25 m Stillstand der Kehlbewegungen.

11 h 26 m zeigte sich die erste Bewegung des Mundbodens. Der Frosch hielt den Kopf ganz deutlich nach links, war nicht gelähmt, machte aber Drehbewegungen nach links.

11 h 30 m. Kehlbewegungen unregelmässig und selten.

3 h 30 m. Kehlbewegungen sehr rasch, etwa 160 in 1 m.

Am folgenden Tage. 8 h 31 m. Kehlbewegungen noch sehr rasch, aber schwach, etwa 140 in 1 m.

Ich tödtete den Frosch in Weingeist, eröffnete die Wirbelhöhle und fand, dass der Einstich nicht die ganze rechte Hälfte der Medulla, sondern nur die äusseren $^2/_3$ derselben getrennt hatte. —

2. Versuch. Vor dem Einstich 120 Kehlbewegungen in 1 m bei 15° R.

Einstich 10 h 35 m. Stillstand der Kehlbewegungen, 10 h $35^1/_2$ m wieder Kehlbewegung, aber unregelmässig und langsamer, etwa 80 in 1 m. Der Frosch hält den Kopf nach links, macht auch nach dieser Seite Kreisbewegungen, jedoch nicht springend, sondern kriechend.

11 h Kehlbewegungen immer noch unregelmässig, etwa 80 in 1 m.

11 h 10 m. immer noch 80 in 1 m.

3 h 45 m. Kehlbewegungen sehr rasch, etwa 160 in 1 m.

Ich tödtete jetzt den Frosch in Weingeist und fand nach Eröffnung der Wirbelhöhle die rechte Hälfte der *Medulla rollständig* getrennt.

3. Versuch. Vor dem Einstich 120 Kehlbewegungen in 1 m bei 15° Réaum. Einstich 5 h 6 m. Stillstand der Kehle. 5 h $6^1/_2$ m wieder Kehlbewegungen, aber unregelmässig und seltener, etwa 60 in 1 m. Der Kopf des Frosches ist nach links gerichtet, ebenso seine Bewegungen, die jedoch mehr kriechend als hüpfend ausgeführt werden.

5 h 30 m. Kehlbewegungen unregelmässig, 44—45 in 1 m.

Am folgenden Tage. 9 h 10 m etwa 100 Kehlbewegungen in 1 m.

9 h 45 m etwa 100 Bewegungen. Ich tödtete den Frosch in Weingeist und fand nach Eröffnung des Wirbelkanals, dass der Einstich nicht die ganze rechte Hälfte der Medulla, sondern nur die äusseren $^2/_3$ derselben getrennt hatte.

4. Versuch. Vor dem Einstich etwa 120 Kehlbewegungen in 1 m bei $14^1/_2{}^0$ R. Einstich 11 h 40 m. Stillstand der Kehle. 11 h $40^1/_2$ m wieder Kehlbewegung, aber unregelmässig, etwa 80 in 1 m. Der Frosch hält den Kopf nach links, seine Bewegungen sind ebenfalls nach dieser Seite gerichtet, jedoch wiederum mehr kriechend als hüpfend. 12 h Kehlbewegungen noch unregelmässig, etwa 80 in 1 m.

3 h 20 m. Kehlbewegungen immer noch unregelmässig und zwar in der Weise, dass auf 1 oder 2 intensive Kehlbewegungen 5—6 kleine rasch nachfolgten. Am folgenden Tage. 9 h 30 m. Kehlbewegungen noch unregelmässig. Auf 1 oder 2 intensive Kehlbewegungen folgten 5—6 kleine rasch nach.

Ich tödtete jetzt den Frosch nach der bekannten Weise, und fand nach Eröffnung der Rückenmarkshöhle die rechte Hälfte der Medulla vollständig getrennt.

## VI.

### Durchschneidung der linken Hälfte der Medulla oblongata am hintern Rande des Hinterhauptbeins.

1. Versuch. Vor dem Einstich etwa 100 Kehlbewegungen in 1 m, aber nicht sämmtlich in gleicher Zeitfolge (bei $13^1/_2{}^0$ R.).

Einstich 12 h 13 m. Stillstand der Kehle. 12 h 31 m zeigten sich wieder Kehlbewegungen, aber unregelmässig und langsamer. Von 12 h 37 m bis 12 h 41 m blieben die Bewegungen der Kehle ganz aus, kehrten dann 2—3mal wieder und blieben hierauf wieder aus.

12 h 50 m wieder einige Kehlbewegungen und dann Stillstand der Kehle. 12 h $52^1/_2$ m wieder einige Kehlbewegungen und dann gänzliches Ausbleiben derselben.

Der Kopf des Frosches war jetzt nach rechts gerichtet, ebenso seine Bewegungen, die nur kriechend ausgeführt wurden. 1 h 20 m Tod. Nach Eröffnung des Wirbelkanals fand ich die linke Hälfte durch den Einstich vollständig getrennt.

2. Versuch. Vor dem Einstich etwa 120 Kehlbewegungen in 1 m bei $13^1/_2{}^0$ R. Einstich 9 h 56 m Stillstand der Kehle.

9 h $56^1/_2$ m wieder Bewegungen der Kehle, aber unregelmässig und zwar in der Weise, dass dann und wann eine Kehlbewegung ausblieb. Der Kopf des Frosches ist nach rechts gerichtet, ebenso seine Bewegungen.

3 h 30 m. Kehlbewegungen rasch und unregelmässig, etwa 160 in 1 m. Ich tödtete den Frosch nach der bekannten Weise und fand bei der Section die linke Hälfte der Medulla vollständig getrennt. Das Messer hatte sogar um ein Weniges noch die rechte Hälfte getroffen.

Aus den Versuchen 5 und 6 ergiebt sich:

Bei Durchschneidung der *linken* oder *rechten Hälfte* der Medulla am hintern Rande des Hinterhauptbeins ist das Resultat folgendes: Die Athembewegungen werden auf $^1/_2$—1 m unterbrochen, kehren dann wieder und sind unregelmässig, und zwar sind sie alsdann, was meistens der Fall ist, seltener und langsamer, können aber auch gesteigert sein. Dabei bemerkt man, dass die Bauchmuskeln auf der verletzten Seite sich unvollständig ausdehnen und zusammenziehen, ebenso die Kehle, letztere stellt sich jedoch bald wieder her. Ferner beobachtet man sehr deutlich, dass die Frösche ihren Kopf nach der entgegengesetzten Seite wenden und ebenso ihre Bewegungen; letztere werden jedoch mehr kriechend als hüpfend ausgeführt.

## VII.

Sticht man einem Frosche unterhalb des ersten Halswirbels eine feine Nadel in das Rückenmark, so beobachtet man nie, dass das Athmen auch nur auf einen Augenblick unterbrochen wird. Versenkt man aber die Nadel in dem Raum zwischen dem oberen Rande des I. Halswirbels und hinteren Rande des Hinterhauptbeins in das Rückenmark, so beobachtet man zuweilen Stillstand der Kehle, nämlich dann, wenn die Nadel ohngefähr in der Mitte zwischen beiden Hälften der Medulla eingesenkt wird, und zwar nicht länger als höchstens $^1/_4$—$^1/_2$ Minute, alsdann kehren die Bewegungen der Kehle wieder, etwas unregelmässig, werden aber alsbald wieder wie früher. Sticht man die Nadel innerhalb dieses Raumes nur in eine oder die andere Hälfte der Medulla, so gewahrt man keinen Stillstand des Athmens, sondern nur, dass Kopf und Bewegungen nach der entgegengesetzten Seite gerichtet sind.